



VII CONIRD

VII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

Pesq. Agrop. Bras. Série Agron., 3:197-200, 1968

OLSEN, S.R.; WANATABE, F.S. & DANIELSON, R.E. Phosphorus absorption by corn roots as affected by moisture and phosphorus concentration. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25:289-94, 1961.

PEDROSO, B.A. BR-IRGA 409 - Nova cultivar de arroz irrigado. Lav. Arrozeira. Porto Alegre, 3 (311): 18-23, 1979.

RIGHES, A.A.; LOVATO, T. & SOARES, E. Caracterização física, química e microbiológica de um solo da unidade de mapeamento Vacacaí, RS. Rev. Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 13 (1): 25-45, 1983.

SERÓDIO, M.H.; LEAT, A.C. & SOBRINHO, P.M. Análises físicas do solo. Ilhéus, Centro de Pesquisas de Cacau, 1969. 28p.

VAN' WOUDT, B.D. & HAGAN, R.M. Respuesta de los cultivos a niveles excesivamente elevados de umidad del suelo. In: LUTHIN, J. N. Drenaje de tierras agrícolas, teoría y aplicaciones. México, Limusa, 1974, Cap. 7, p. 571-649.

WESSELING, J. & VAN WIJK, W.R. Consideraciones físicas del suelo en relación con la profundidad de los drenes, In: LUTHIN, J.N. Drenaje de tierras agrícolas, teoría y aplicaciones. México Limusa, 1974, Cap. 5, p. 511-60.

WILLIAMSON, R.E. & KRIZ, C.J. Response of agricultural crops to flooding, depth of water table, and soil gaseous composition. Am. Soc. Agr. Eng. Trans. 13:216-20, 1970.



VII CONIRD

VII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

PARÂMETROS DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA NOS LATOSSOLOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DE BEBEDOURO¹

Hermínio H. Suguino²
Walter Caldas Júnior³
Carlos R. Valdivieso⁴
Gilberto G. Cordeiro⁵

RESUMO

Os requerimentos de drenagem, parâmetros e correspondentes relações econômicas são estudadas para os latossolos do P.I. Bebedouro. A área estudada ocupada parte dos solos principalmente da unidade 37 BB, representativos de aproximadamente 30% da área do Perímetro. Os estudos são realizados num sistema de cinco linhas de drenos subterrâneos paralelos, instaladas no lote 74 a 1,5 m de profundidade com 30 m de espaçamento.

A recuperação de 1,64 ha de videira gravemente afetada por excessos de umidade, devido às chuvas do último inverno e a sua produtividade, assim como as variações da profundidade do lençol e das condições de umidade do perfil são avaliadas para definir parâmetros de drenagem para os latossolos do Perímetro.

Os custos dos trabalhos de drenagem foram de 101,04 ORTN/ha que significam menos de 15% dos custos de implantação da videira.

¹Trabalho Conjunto EMBRAPA/CODEVASF

²Engº Agrº, M.Sc., Drenagem CODEVASF, 3ª DR. Petrolina, PE.

³Engº Agrº, CODEVASF, 3ª DR. Petrolina, PE.

⁴Engº Agrº, M.Sc., Consultor Irrigação e Drenagem IICA/CPATSA, Petrolina, PE.

⁵Engº Agrº, M.Sc., Pesquisador CPATSA-EMBRAPA.



1 - INTRODUÇÃO

A drenagem é uma das práticas de recuperação e de manejo de água mais importante e de grande impacto na produtividade e receita agrícola (BAGLEY 1976). As perdas inevitáveis provenientes de chuvas e de irrigação para o subsolo causam uma elevação do lençol que eventualmente conduzirá ao alagamento, se não houver uma boa drenagem (BOUMANS 1963). As perdas por percolação determinam a intensidade de drenagem requerida, sendo que a quantidade necessária de água a ser drenada tem um valor mínimo que depende principalmente do solo, declive, método de irrigação, manejo (habilidade do agricultor) e é da ordem de 20% da irrigação (BOUMANS 1963).

As maiores precipitações ocorridas no início do presente ano (1985) causaram problemas sérios nas culturas do Perímetro. Os solos permaneceram muito úmidos por vários meses após a última chuva devido, entre outros fatores, à baixa demanda evaporativa atmosférica (REEVE e FAUSEY 1974). Também contribuiu para este problema a drenagem restrita e a secagem da camada superficial. Isto tem repercutido seriamente no desenvolvimento das culturas, estimando-se quedas de produtividade superiores a 50%, principalmente na videira.

A cultura da videira ocupa atualmente menos de 80 ha do perímetro e em torno de 500 ha na região do Médio São Francisco. Em função dos altos custos de implantação (800 ORTN/ha) e de manutenção e da demanda de medidas adequadas de manejo, a drenagem pode ser amplamente justificada.

O presente trabalho tem por objetivo estudar os requerimentos de drenagem da área e as correspondentes variáveis (avaliação) econômicas. O trabalho é uma ação conjunta da CODEVASF e da EMBRAPA, com assessoramento do IICA e participação do colono da área.



2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O esquema consiste na instalação de cinco linhas de drenos subterrâneos paralelos no lote 74 do Perímetro de Irrigação de Bebedouro. A área está localizada na zona 1, a menos de 1 km da estação meteorológica da EMBRAPA (Campo Experimental). Os drenos foram instalados a uma profundidade média de 1,53 m e com declive médio de 0,3%. Cada linha tem 93 m de comprimento, afastados 30 m uma da outra, e despejam numa vala aberta de 1,80 m de profundidade com declividade variando em torno de 0,3%. A parcela está localizada numa mancha de solo tipo 37 BB (PEREIRA e SOUZA 1967), representativa de mais ou menos 35% da área do Perímetro. O solo é do tipo profundo (> 1,50 m), de textura arenosa e estrutura granular, mudando para arenoso barrento e barro argila arenoso, plástico, estruturado em blocos subangulares aos 40 cm de profundidade, de coloração predominante amarelo-bruno, mosqueado desde 50 cm e cor cinza a partir de 1,30 m. Estes solos apresentam uma alta capacidade de infiltração.

Preliminarmente foi calculado o espaçamento necessário entre drenos com o uso da fórmula de Hooghoudt (MILLAR 1978):

$$L = \frac{4 K h (2d + h)}{q} \dots \dots \dots (1)$$

onde:

- L = espaçamento entre drenos, m
- K = condutividade hidráulica, m/d
- h = carga hidráulica, m
- d = camada equivalente, m
- q = descarga normativa, m/d

Os parâmetros de dimensionamento K, h, d e q foram determinados como segue: a condutividade hidráulica "K" = 1 m/h foi determinada por meio de testes de furo de trado em pre



sença de lençol freático. A carga hidráulica "h" = 0,6 é obtida em função da profundidade de instalação dos drenos e da profundidade média permissível para o lençol no ponto médio entre drenos paralelos. A camada equivalente "d" = 0,5 é determinada a partir da profundidade do impermeável, obtida do levantamento de PEREIRA e SOUZA (1967) e de r (raio do tubo). A fórmula para sua obtenção é a seguinte, de acordo com BEERS, W.F.J. van, 1965:

$$d = \frac{L}{\frac{8(L-1,4d)^2}{8pL} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{0,7p}{r}}$$

P = profundidade do impermeável abaixo do nível dos drenos

A descarga normativa foi estimada em 4 mm/d baseada em recomendações de FAO 1980. Este valor de descarga normativa confere-se à continuação na base de balanço de águas estimado tanto para o período chuvoso como para período de irrigação. A chuva máxima provável com 5 anos de recorrência (SMEDEMA & RYCROFT 1983) calculada com dados diários de chuva de 1963-1982 é de 12 mm/d. Destes estima-se arbitrariamente que a metade de 6 mm/d ingressa no perfil do solo; o resto perde-se por escoamento superficial. Os 6 mm ingressados no perfil, assumindo que a capacidade de armazenamento do solo já está esgotada por chuvas anteriores, deverão ser drenados, 2 mm/d por drenagem natural (FAO 1980) e 4 mm/d artificialmente.

Por outro lado, a quantidade máxima de água aplicada em cada irrigação é de ordem de 16 mm/d, dos quais se estima que 4 mm/d são perdidos por escoamento superficial e 6 mm/d são evapotranspirados, sobrando 6 mm/d para serem drenados, 2 por drenagem natural e 4 por drenagem artificial.



Todos os parâmetros de dimensionamento (q, d, h, k) foram introduzidos na fórmula de Hooghoudt e calculado um espaçamento entre drenos de L = 30 m. O diâmetro de tubulação foi determinado com o uso da fórmula de Manning: $Q = 50 D^{2,714} i^{0,572}$ (SMEDEMA, L.K. & RYCROFT, D.W. 1983) onde Q (= 0,004 m/d x 93 mm x 30 m = 11,16 m³/d = 1,29 x 10⁻⁴ m³/s) é a vazão de descarga de cada dreno, i. é, a declividade do tubo e D o seu diâmetro foi calculado em 0,03 m.

O tubo instalado foi de plástico liso de PVC de 5 cm de diâmetro assentado no fundo de valeta de 0,30 m de largura e envolvido por uma camada de seixo rolado de aproximadamente 1 cm de diâmetro na proporção de 0,04 m³/m de dreno. O tubo foi fendilhado com o uso de uma serra de 2 mm, obtendo-se 0,75% de área de entrada de fluxo.

Uma bateria de poços de observação foi instalada na área, perpendicular aos drenos e a diferentes distâncias destes para controlar as profundidades e flutuações do lençol visando quantificar o efeito dos drenos no rebaixamento deste. As vazões dos drenos foram também obtidas em medidas diárias após recargas (chuva ou irrigação). A informação é processada e analisada segundo metodologia desenvolvida por DIELEMAN & TRAFFORD 1976.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Parâmetros Hidrodinâmicas dos Solos

A condutividade hidráulica média do solo da área, tipo 37 BB, variou em torno de 1,0 m/d (VALDIVIESO & CORDEIRO 1986).

A profundidade do manto rochoso ou da camada de impedimento é maior que 1,60 m profundidade, sendo o seixo rolado detectado nos furos de trado.



3.2 Custos

O investimento em mão-de-obra e materiais é resumido na Tabela 1. Os trabalhos de escavação das valetas, o assentamento ou colocação dos tubos nestas e o consequente reaterro das valas foi feito com mão-de-obra demandando respectivamente: 50, 20 e 7,5 h-d ou 29,74; 7,14 e 2,68 OTN. A escavação do coletor foi feita com a retroescavadeira S-90 a um custo de 315,30 OTN para remover um total de 496m³ de terra.

Como condutos foram usados tubos PVC (esgoto) de 50 mm de diâmetro (500 m), adquiridos pelo colono a um custo de 44,29 OTN bem como 18 m³ de seixo usado como material filtroprotetor a um custo de 35,54 OTN.

Portanto o custo do dreno subterrâneo instalado foi de 0,32 OTN/m ou aproximadamente 2,46 US\$/m. O custo da drenagem foi então de 92,42 OTN/ha ou 710,51 US\$/ha (Tabela 1).

3.3 Descarga Normativa e Carga Hidráulica

Com recargas normativas de irrigação da ordem de 300 m³ para aplicação a cada 7 dia i.e. 30 mm; e chuvas de novembro a dezembro/85 (máxima de 40 mm/d e 74,8 mm/2 dias consecutivos, a descarga máxima foi superior a 6 mm/dia, para a qual compreendeu uma altura máxima do lençol acima do nível dos drenos (carga hidráulica) de h = 0,7 m. Descargas extremas da ordem de 13,6 mm/dia foram obtidas durante ou imediatamente após o término da recarga, sendo que parte da mesma pode ter infiltrado diretamente através do aterro mais permeável que cobre os drenos. A descarga normativa extrema, como a máxima, diminuiu 50% em menos de três dias (Tabela 2). Descargas mínimas da ordem de 0,3 a 0,76 mm/dia foram observadas quando não se tinha o efeito de recargas intensas, correspondendo a cargas hidráulicas da ordem de h = 0,4 m (Figs. 1 e 2).



3.4 Condutividade Hidráulica - Transmissividade

A equação de Hooghoudt é usada para conferir o valor da condutividade hidráulica, expressando a equação da seguinte forma:

$$q/h = \frac{8 K d}{L^2} + \frac{4 K h}{L^2}$$

$$q/h = A + B h$$

A relação q vs h obtida com os dados levantados (Fig. 3) tendem para uma curva indicando a importância do fluxo através das camadas de solo acima do nível dos drenos que pode ser predominante. A linha reta tangente indicará a contribuição das camadas embaixo dos drenos à transmissividade de de fluxo.

A relação q/h - h (Fig. 4) tem tendência linear cuja declividade (tan θ) é B = 8,8 x 10⁻³;

$$B = \frac{4 K}{L^2} = 8,8 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1} \text{ dia}^{-1}$$

$$K = 1,98 \text{ m/d}$$

O valor achado é quase duas vezes superior aos valores médios determinados obtidos nos testes furo de trado. Neste caso os testes de campo subestimaram o valor real da condutividade, o que sugere a necessidade de posterior estudos para se determinar a causa.

A intercessão da linha com o eixo vertical (Fig. 4) é quase zero, podendo-se considerar que:

$$A = \frac{8 K d}{L^2} = 0$$



Isto significa que d é próximo de zero ou que os drenos foram instalados próximos da camada impermeável.

Para conferir este resultado, utilizou-se a seguinte equação derivada por Kraijenhoff van de Leur (DIELEMAN & TRAFFORD 1976).

$$KD = \frac{L^2 q(t)}{2 h(t)}$$

$$\overline{KD} = \frac{900 \times 0,0036}{2 \pi 0,52} = 0,99 \text{ m}^2/\text{dia} \text{ (Tabela 3)}$$

A transmissividade total do perfil sendo dada pela equação:

$$KD = K_1 D_1 + K_2 D_2$$

$$K_1 D_1 = 1,98 \times 0,52 = 1,03 \text{ m}^2/\text{dia}$$

$$K_2 D_2 = \text{desprezível}$$

A transmissividade da camada inferior resulta ser desprezível, confirmando a diferença de contribuição entre camadas acima e embaixo do nível dos drenos.

3.5 Espaçamento entre Drenos

Calculando o espaçamento entre drenos com os parâmetros determinados, obtém-se:

- fluxo estacionário: usando valores médios observados de q e h e os valores de KD para ambas as camadas acima e abaixo do nível dos drenos obtemos:

$$L^2 = \frac{4 \times 1,03 \times 0,52}{0,00356}, \quad L = 25 \text{ m}$$



- fluxo não estacionário: a fórmula usada é a de Glover e Dumm.

$$L = \pi \left(\frac{KDT}{\mu} \right)^{1/2} (1,16 \ln \frac{0,71}{0,45})^{1/2}$$

$$L = 3,14 \left(\frac{1,03 \times 5}{0,1} \right)^{1/2} (1,16 \ln \frac{0,71}{0,45})^{-1/2}$$

O valor de L obtido é 29 m.

4-CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os custos de drenagem subterrânea, incluindo materiais e mão-de-obra na instalação foram de 92,42 OTN/ha e 0,32 OTN/m.

A descarga normativa média em condições de recargas normais (irrigação ou chuva) menores de 40 mm foi de 3,6 mm/d com picos máximos extremos de 13,6 mm/d imediatamente após a recarga.

A recarga hidráulica média nas condições mencionadas antes foi de 0,52, apresentando máximos de 0,7 m.

A condutividade hidráulica dos solos na área de instalação é de 1,98 m/d.

A contribuição ao fluxo das camadas abaixo do nível dos drenos é desprezível.

O espaçamento de 30 m correspondeu às características de solo e às condições de recarga.

**5-BIBLIOGRAFIA**

- BAGLEY, G.R. Drainage for increased crop production and a quality environment pp. 3-5; Third National Symposium; Chicago USA dec. 1976. American Society of Agricultural Engineers, ASAE.
- BEERS, W.I.J. van 1965. Some nomographs for the calculation of drain spacings. Wageningen, The Netherlands, ILRI 48p. (Bulletin 8).
- BOUMANS, J., HULSBOS, W.C. Reclamation of salt affected soils in Iraq. Soil Hydrological and agricultural studies . INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT, ILRI publ. 11, p. 174. Wageningen, 1963.
- DIELEMAN, P.J. and TRAFFORD, B.D. Drainage Testing. Irrigation and Drainage Paper n° 28, FAO, FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome, 1976.
- FAO Drainage Design factors. - 28 questions and answers - Based on the expert consultation on drainage paper 38. FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome 1980.
- MILLAR, A. Drenagem de Terras Agrícolas - Princípios, Pesquisas e Cálculo. Publ. Miscelâneas, 124. A IICA, Brasil 1974.
- PEREIRA, J.M. de A. & SOUZA, R.A. Mapeamento detalhado da área de Bebedouro. Petrolina, PE. Relatório Recife, PE, SUDENE/grupo de irrigação do São Francisco 1967. 57p.
- REEVE, R.C. & FAUSEY, . Drainage and timeliness of farming operations. In: Drainage for Agriculture, Ed. J. van Schilf-gaarde. Agronomy n° 17. Amer. Soc. of Agronomy Inc. Publisher USA, 1974, pp. 55-66
- SMEDEMA, L.K. & RYCROFT, D.W., 1983. Land drainage, Batsford Academic and Educational Ltd., 1983.



VALDIVIESO, C.R. & CORDEIRO, G.G. Drenagem subterrâneas do Perímetro Irrigado Bebedouro. II Estudos das características hidrodinâmicas dos solos. CPATSA s.n.t. 1986 (no prelo).

TABELA 1:

RESUMO DOS CUSTOS DE INSTALAÇÃO DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA (1,64 Ha)

ORDEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR UNITÁRIO Cz\$	VALOR TOTAL Cz\$
1	Escavação 475 m drenos	L/d	50	25.000	1.250.000
2	Aquisição tubos PVC Ø 50 MM	M	500	3.723	1.861.517
3	Escavação drenos coletor	M ³	496	2.727	1.352.592
4	Assentamento tubos	H/d	20	15.000	300.000
5	Reaterro das valas	H/d	7,5	15.000	112.500
6	Seixo rolado	M ³	18	83.000	1.494.000

Valor em OTN = Cz\$ 151,57

Preços junho/85 Cr\$ 42.031,56/ORTN.



TABELA 2:

VAZÃO DOS DRENOS EM mm/dia
(n.º do dreno)

DATA	01	02	03	04	05
22.10.85	submerso	1,2	2,1	2,6	submerso
31.10.	2,96	7,37	4,03	3,97	3,51
19.11.	1,88	6,82	5,45	2,12	submerso
21.11.	1,46	3,90	5,45	6,82	-
22.11.	1,52	10,91	3,64	6,82	-
25.11.	1,05	1,05	1,36	-	-
26.11.	0,85	0,85	1,36	1,95	1,52
27.11.	2,73	4,55	13,64	4,24	2,12
28.11.	1,33	2,65	6,36	10,61	5,30
29.11.	0,96	1,82	3,90	3,54	2,65
02.12.	1,95	2,10	4,55	4,55	3,03
03.12.	1,06	1,52	2,73	2,65	2,27
04.12.	0,88	1,24	1,95	2,12	1,33
06.12.	4,55	6,82	9,09	10,61	7,07
10.12.	2,12	1,52	2,27	2,36	1,42
19.12.	0,96	0,53	1,20	1,14	0,81
20.12.	1,06	0,47	0,76	1,18	0,71
23.12.	0,88	0,32	0,57	0,82	0,48
24.12.	0,66	0,29	0,55	0,78	0,44
31.12.	0,29	0,68	0,30	0,21	0,91
10.01.86	0,58	4,55	3,41	1,77	-



TABELA 3:

VALORES DE q, h, q/h e KD CORRESPONDENTES AO DRENO D-3

DATA	q	h	q/h	$KD = L^2 q (t) / 2 h (t)$
22.10.	2,1	0,49	4,29	0,61
31.10.	4,03	0,62	6,50	0,93
19.11.	5,45	0,42	12,98	1,81
21.11.	5,45	0,71	7,68	1,10
22.11.	3,64	0,60	6,07	0,87
25.11.	1,36	0,36	13,78	0,54
26.11.	1,36	0,43	3,16	0,45
27.11.	13,64	0,59	23,12	3,31
28.11.	6,36	0,70	9,09	1,3
29.11.	3,9	0,70	5,57	0,8
02.12.	4,55	0,69	6,59	0,94
03.12.	2,73	0,60	4,55	0,65
04.12.	1,95	0,57	3,42	0,49
06.12.	9,09	0,53	17,15	2,46
10.12.	2,27	0,55	4,13	0,59
19.12.	1,2	0,38	3,16	0,45
20.12.	0,79	0,41	1,85	0,27
23.12.	0,57	0,41	1,39	0,2
24.12.	0,55	0,37	1,49	0,21
31.12.	0,30	0,39	0,77	0,11
\bar{x}	3,56	0,52		0,99